

潤 滑 研 究

水溶性 切削油劑와 切削加工



圓光大學校·工科大學
教授 李 奉 九

目 次

1. 切削과 潤滑	1
2. 切削메카니즘	3
3. 切削油劑의 分類	7
4. 水溶性 切削油	9
5. 切削油의 效果	15
6. 各種 水溶性 切削油劑의 選定	17
7. 水溶性 切削油劑의 供給方法 및 保守管理	22
8. 水溶性 切削油劑의 今後의 動向	29

절삭과 윤활

경도가 높은 공구를 사용하여 공작물을 깎아내서 Chip을 발생시키는 것을 切削(cutting)이라 하며 절삭공구에는 bite와 같은 單刃工具(single point toll)와 drill 및 milling cutter와 같은 多刃工具(multi point toll) 등이 있고 이 외에 연삭숫돌 및 Lapping제와 같이 입자로 된 것도 있다. 연삭작용은 연삭숫돌(grinding wheel)의 숫돌 粒子的 切刃에 의해 공작물 표면의 미소한 Chip을 절삭하는 작업이다.

연삭입자는 결합체로서 결합되어 있으며 입자가 둔화되어 절삭저항이 결합체의 강도 이상이 되면 입자는 탈락되고 새로 예리한 입자가 출현하는 소위 自生作用을 한다.

또한 연삭에서는 단위체적의 研削紛(研削 Chip)당 가공 Energy가 크기 때문에 열이 많이 발생하며 숫돌의 열전도성이 좋지 않으므로 대부

분 가공물에 전도된다. 그 결과 연삭균열이 발생하며 공작물의 재질도 변하므로 연삭유를 공급하여 이에 대처하여야 한다.

연삭유는 윤활성, 냉각성, 침투성을 가져야 하며 윤활작용으로 숫돌입자의 절삭작용을 돕고 숫돌입자의 마모나 열발생을 감소시킨다. 냉각작용으로 발생된 열을 신속히 제거하고 침투 작용으로 숫돌입자 사이에 研削紛이 매워지는 것을 막는다. 이러한 절삭에서는 공구와 재료의 마찰로 인하여 열과 마모가 발생하게 되는데 이를 줄이기 위하여 切削油(cutting fluids)를 사용하게 된다. 금속의 절삭이나 연삭 가공에 있어서 물이나 동식물유를 사용하는 것은 인류가 옛날부터 얻어온 경험적 지식에 기초를 둔 것이다.

현재 절삭유는 자동차, 기계, 전기기기 등의 기계공작 분야에 널리 사용되며 산업의 발전에 큰 역할을 하고 있다. 특히 근년에는 가공의 高能率化, 高精度化에 따라 절삭유에 대한 기대가

커져가고 있는 실정이다.

그러나 한편으로는 환경 오염의 방지나 작업환경의 개선에 대한 요구가 높아지고 있어 절삭유에 요구되는 성능도 복잡 다양화 하게 되었다. 절삭유의 두가지 중요한 작용은 냉각작용과 윤활 작용이다.

냉각작용은 공구인선부에서의 온도를 저하시켜 공구수명을 증가시키고 공작물의 온도구배에 의한 열변형을 방지시켜주며, 윤활 작용은 공구면의 마찰을 감소시키고 마찰감소로 인한 절삭동력의 감소로 공구의 수명을 크게하고 가공면의 정도를 향상시킨다.

2. 절삭 메카니즘

2.1 절삭과정

일반적인 절삭과정은 3단계를 거친다. (그림 2-1)

제1단계 : slip면이 힘의 방향과 거의 같을 때는 slip이 입자속에 일어나 공구의 앞부분의 금속을 미리 약간 휘어지게 한다.

제2단계 : 공구 앞 부분의 금속의 휨은 제2의 slip에 저항 할려고 하기 때문에 어떤 입자는 slip면에 따라서 균열을 일으키게 된다.

제3단계 : 입자가 어느 정도의 균열을 일으키면 금속은 약해져서 공구의 췌기 작용으로 금속이 떨어져 나가게 된다.

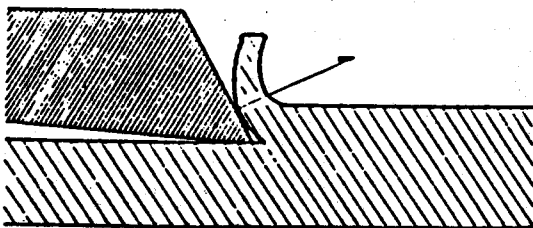


그림 2-1

2.2 절삭인자

Taylor등 여러 학자들이 제안한 각종인자를 종합하여 절삭성(Cutting gability or Machinability)

Z를 다음 식으로 제시하고 있다.

- $$Z=f(V.T.W.s.t.G.F.h.M.G.H.B.K.R.O.a.\theta.\lambda.L)$$
- V : 절삭속도
 - T : 공구수명
 - W : 절삭공구의 성분
 - w : 공구의 마모
 - s : 피이드
 - t : 절삭깊이
 - G : 공구치수효과(Tool size effect)
 - F : 공구형상과 각도
 - h : 공구의 열처리
 - M : 가공물의 재질
 - g : 가공의 험미경 조직
 - H : 가공물의 경도
 - B : 작업조건(중절삭, 경절삭 또는 저속과 고속)
 - K : 절삭유제(Cutting Fluid)
 - R : 절삭저항
 - O : 가공물의 표면조도(粗度)
 - a : Chip의 형상
 - θ : 절삭온도
 - λ : Chip의 색
 - L : 칩유동(Chip Flow)

위의 열거한 여러가지 인자들로 인하여 절삭문제는 아주 복잡한 현상을 가지고 있는데 이 중에서 특히 중요한 것은 구성인선의 구성과 마찰에 의한 열발생으로 공구의 수명관계와 피삭성의 문제이다. 이를 줄이기 위하여 절삭유제가 사용된다.

2.3 構成刃先(built-up edge)

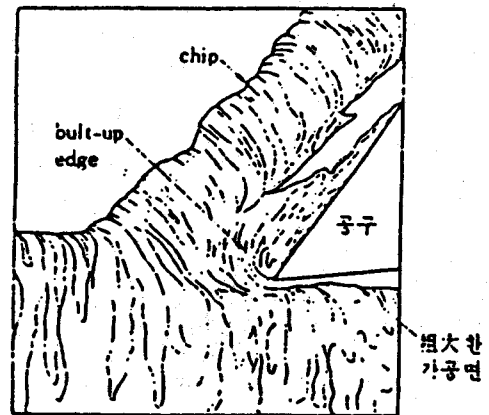


그림 2-2 built-up edge를 갖는 연속형 chip

연성이 큰 연강, stainless강, aluminium 등과 같은 재료를 절삭할 때 절삭 인선에 작용하는 압력, 마찰저항 및 절삭열에 의하여 chip의 일부가 그림 2-2와 같이 부착한 것을 구성인선이라함

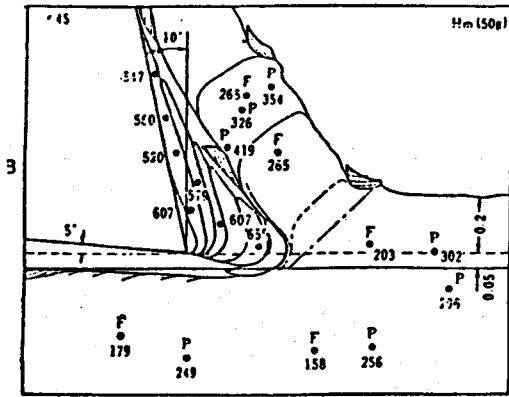


그림 2-3 built-up edge 부근의 경도(Hoshino)

며, 이것은 주기적으로 발생하여 성장, 최대성장, 분열, 탈락 등의 과정을 반복한다. built-up edge의 발생과 크기를 억제하는 데 효과가 있는 인자는 다음과 같다.

1. 경사각(rake angle)을 크게 한다.
2. 절삭속도(cutting speed)를 크게 한다. (120m/min 이상에서는 구성인선이 없어진다.)
3. chip과 공구의 face간의 마찰을 적게 한다.
 - a. 공구의 face를 매끄럽게 가공한다.
 - b. 윤활유를 사용하여 윤활과 냉각작용을 시킨다.
 - c. 초경합금 공구와 같은 마찰계수가 작은 것을 사용한다.
4. chip의 두께를 감소시킨다.
built-up edge의 장단점은 다음과 같다.

[장 점]

절삭인을 보호하여 공구수명을 연장시키는 경우가 있다.

[단 점]

- a. built-up edge가 탈락될 때 공구의 일부가 떨어져 나가는 경우가 있어 공구수명을 짧게 한다.
- b. built-up edge의 날은 공구의 것보다 하위에 있어서 예정된 절삭깊이보다 깊게 절삭되며 표면 정도와 치수 정도가 좋지 않다.

2.4 절삭열의 분포

2.5 공구수명과 마모

일반적으로 공구의 파손은 다음 네가지 경우로 분류할 수 있다.

- i) 온도파손(temperature failure).
- ii) cratering. iii) flank wear. iv) chipping

i) 온도파손(temperature failure)

절삭작업에서 절삭속도가 크게 되면 절삭속도가 상승하고 마모가 크게 되는데, 마모가 클 경우 공구인선의 입력 energy가 크게 되어 가열 및 마모가 더욱 심하게 된다. 때로는 SPark가 발생하는 경우도 있다.

ii) cratering

경화된 chip이 공구면을 유동할 때 공구면의 마모작용을 cratering이라 하며, 이 때의 마모를 crater 마모라고 한다.

iii) flank 마모

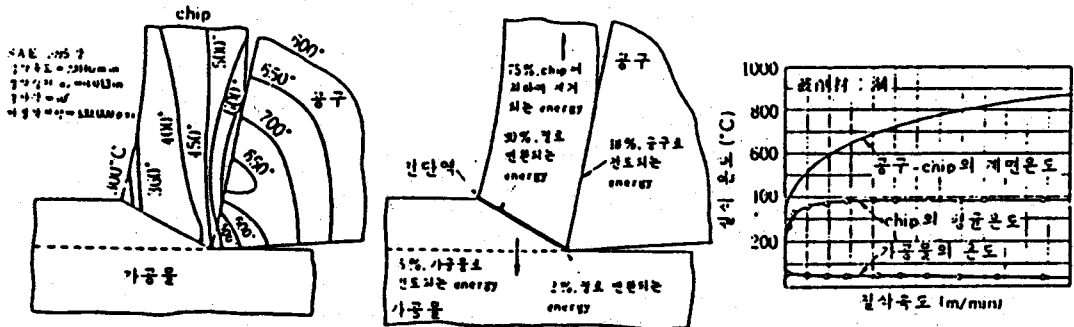


그림 2-4 절삭온도 및 열의 분포

가공면에 평행한 공구 flank의 마모를 flank 마모(flank wear)라하며, 마모량은 flank 마모의 폭으로 표시한다.

IV) chipping(결손)

공구의 인선부가 파괴되어 탈락되는 것을 Chipping이라 하며, 평삭과 milling에서와 같이 충격을 받는 경우에 흔히 생긴다.

3. 절삭유제의 분류

절삭유는 크게 불(비) 수용성절삭유와 수용성 절삭유로 나눈다.

앞에것은 그대로 사용하는 것이고 뒤에것은 물에 일정농도를 희석시켜 절삭이나 연삭가공에 사용된다. 이것들은 함유하고 있는 성분의 차이가 있어, 각각 성질, 성능의 현저한 차이를 가지고 있다.

일반적으로 불수용성절삭유는 2종, 수용성절삭유는 2종으로 분류하고 품질 및 성능에 따라 각각 1~17호, 1~3호로 세분화 된다.

다음 표 3-1에 절삭유의 총괄적인 분류와 표 3-2에 수용성절삭유의 분류를 나타낸다.

표 3-1 절삭유의 종류

不水溶性切削油	1種(광유와 동식물유 또는 에스텔유) 1~6호
	2種(광유와 동식물유 또는 에스텔유 極壓添加劑包含) 1~17호
水溶性切削油	W1種(광유 또는 계면활성제, 백탁) 1~3호
	W2種(계면활성제, 透明, 半透明) 1~3호

주) 수용성 절삭유에서

W1종 Emulsion.

W2종 Soluble.

4. 水溶性 切削油

(1) 이멀전(Emulsion)형

이멀전형은 물에 희석하면 외관이 乳白色이 되기 때문에 그렇게 부르며 주로 O/W형이 사용되며 통상 10~50배로 稀釋시켜 사용한다.

표 4-1에 나타난 바와같이 W 1종은 광물유, 油脂, 또는 합성윤활제를 界面活性제로 乳化시켜 조성한다.

일반적으로 W 1종 1호는 극압첨가제를 첨가하지 않는 일반절삭용 이멀전이고 W 1종 2호는 극압첨가제를 함유한 이멀전, W 1종 3호는 비철금속가공용 이멀전이다.

W 1종은 一次性能, 특히 윤활성능이 우수하여 주로 절삭가공에 사용된다.

일반적으로 이멀전형은 기계의 褶動面 등에 있어서의 유체 윤활조건하의 윤활효과는 다른 두 종류의 수용성 절삭유에 비해 양호하나 절삭시의 경사면과 여유면에서의 윤활효과는 그다지 우수하지 못하며 냉각작용이 추가된다.

장점은 거품이 적고 피부의 脫脂作用이 적다는 점이며 결점은 이멀전의 不安定, 부패 등을 일으키기 쉬운점이다.

(2) 솔류블(Soluble)형

솔류블형은 물에 희석하면 외관이 투명 또는 반투명한 Colloid 용액으로 된다.

통상 30~40배로 희석해서 사용한다.

표 3-3에서 나타난 바와같이 W 2종은 계면활성제를 주성분으로해서 이것에 광물유, 극압첨가제, 합성윤활제 등을 첨가시켜 구성되며 극압첨가제의 유무 혹은 성상에 따라 1~3호로 분류된다.

W 2종은 洗淨性이 우수하여 주로 정밀연삭가공에 사용되나 최근에는 기계회전부의 오손의 방지나 작업성면으로부터 절삭가공에 사용되는 예도 많다. 특히 유황 또는 염소화합물을 극압첨가제로 첨가한 것은 수용성 절삭유로써 최고의 성능을 갖는다.

솔류블형은 윤활, 浸潤, 녹방지면에서 우수하며 또 거의 투명하므로 가공물을 투시할 수 있는 이점이 있고 유분의 분리, 부패의 트러블면에서도 이멀전형보다 작으나, 일반적으로 거품이 일기 쉽고, 피부의 脫脂作用이 있고, 동작기계의 褶動面에서의 윤활성을 저하시키는 결점이 있다.

(3) 기타형

과거에는 W1종, W2종 이외에 솔류션(Solution)형이라는, 물에 희석하면 완전투명한 수용액형으로 消泡性, 방청성이 우수한 W3종이 있었으나, 그의 주성분인 亞硝酸나트륨과 알카

표 3-2 수용성 절삭유

종류	성상	표면장력 10 ⁻³ N/m (dyn/cm)	유화 안정도 ml (실온, 24h)				발 휘 발 분 %	pH	염소분 %	전유 황분 %	기포시 험 ml (24± 2℃)	금속부식 (실온, 48h)	
			물		경 수								
			유층	크립층	유 층	크립층							
수용성 절삭유제	W1종	1호	-	혼적	2.5이하	2.5이하	2.5이하	90이상	8.5이상	-	8이하	1이하	변색이 없을 것 (강 판)
		2호							1이상	15이하			
		3호							8.0이상				
	W2종	1호	40미만				90이상	8.5이상	-	8이하	1이하	변색이 없을 것 (강 판)	
		2호						1이상	10.5미만				
		3호						8.0이상					-

표 4-1 수용성 절삭유의 구성성분

成分 種類	W 1 種	W 2 種
鑛 物 類	50~80%	0~30%
油脂 및 脂肪酸	0~30	5~30
極 壓 添 加 齊	0~30	0~20
界 面 活 性 劑	15~35	5~20
알 카 놀 아 민	0~5	10~40
有 機 인 히 비 타	0~5	5~10
無 機 인 히 비 타	-	0~10
防 腐 齊	2이하	2이하
非 鐵 金 屬 防 食 劑	1이하	1이하
消 泡 劑	1이하	1이하
水	0~10	5~40

놀아민이 원액 중에 반응해서 발암성의 위험이 있는 N-니트로소아민을 생성하기 때문에 최근에는 삭제되었다. 그의 代替로서 有機인히비타

를 주성분으로 하는 Semichemical형 혹은 인산계의 無機인히비타를 주성분으로 하는 Chemical Solution형이 사용되고 있다.

이들은 W1종과 W2종에 비하여 消泡性, 방청성이 우수하고 抗乳化性이 풍부한 반면 洗淨性, 윤활성이 열세하기 때문에 비교적 다듬질면의 精度가 요구되지 않는 能率研削加工에 주로 사용되고 있다.

이외에 폴리글리콜을 주성분으로 하는 소량의 물과 계면활성제를 첨가해서 원액 그대로 사용한 난연성형도 수용성 절삭유의 일종이라고 볼 수 있다.

표 4-2, 4-3, 4-4에 일반적인 수용성 절삭유제의 모델을 제시한다.

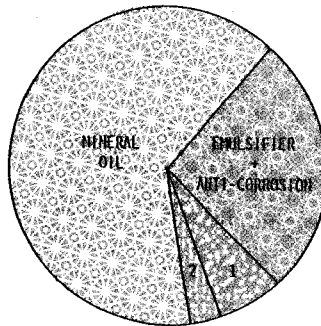
5. 절삭유의 효과

절삭유를 사용하는 주목적은 공구수명과 다듬

표 4-2 MILKY EMULSION CUTTING FLUIDS의 조성

CUTTING FLUIDS FOR MILKY EMULSIONS
CONCENTRATE STRUCTURE

TREAT RATE : 2 TO 10 % IN EMULSION



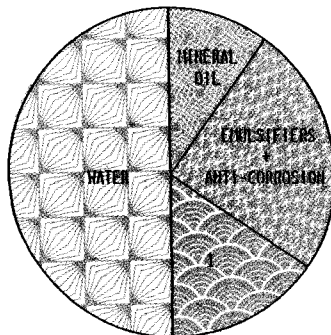
- 1 OTHER ADDITIVES
- 2 WATER

- MINERAL OIL (PARAFFINIC - NAPHTHENIC)
15 - 20 CST AT 40 °C
50 - 80 MASS %
- EMULSIFIER - ANTI-CORROSION : 15-25 MASS %
ANIONICS : SODIUM SULFONATE
FATTY ACID SOAPS
ALKANOLAMINE SOAPS
NON-IONICS : ETHOXYLATED ALCOHOLS
ETHOXYLATED PHENOLS
ETHOXYLATED AMINES
FATTY AMIDES
- OTHER ADDITIVES : 5 - 20 MASS %
EP (SULFUR - CHLORINE)
OILINESS (FATS)
- DEFOAMERS
- BACTERICIDES/FUNGICIDES
- CO-SOLVENTS

표 4-3 SEMI-SYNTHETIC FLUIDS의 조성

SEMI-SYNTHETIC FLUIDS
CONCENTRATE STRUCTURE

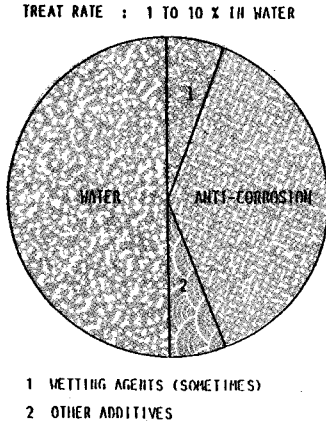
TREAT RATE : 1.5 TO 5 % IN EMULSION



- 1 OTHER ADDITIVES

- MINERAL OIL (PARAFFINIC - NAPHTHENIC)
15 - 20 CST AT 40 °C
10 - 30 MASS %
- EMULSIFIER - ANTI-CORROSION : 15-25 MASS %
ANIONICS : SODIUM SULFONATE
FATTY ACID SOAPS
ALKANOLAMINE SOAPS
NON-IONICS : ETHOXYLATED ALCOHOLS
ETHOXYLATED PHENOLS
ETHOXYLATED AMINES
FATTY AMIDES
- OTHER ADDITIVES : 5 - 15 MASS %
EP AGENTS
- DEFOAMERS
- BACTERICIDES/FUNGICIDES
- CO-SOLVENTS

표 4-4 SYNTHETIC FLUIDS의 조성
SYNTHETIC FLUIDS
CONCENTRATE STRUCTURE



- ANTI-CORROSION : 20 - 50 MASS %
ALKANOLAMINES
SOLUBLE ALKANOLAMINES SOAPS
BORAX
PHOSPHORIC ESTERS AND ALKALINE SOAPS.
- OTHER ADDITIVES
DEFOAMERS
BACTERICIDES / FUNGICIDES
- WETTING AGENTS
POLYGLYCOLS

질면의 상태에서 본 被削性的 개선이다. 이들의 효과는 윤희작용, 反溶着작용, 냉각작용이라고 볼 수 있다.

5.1 윤희작용

절삭시에 절삭유가 윤희작용을 하는 부분은 다음 그림 5-1에서 3부분이다.

- (1) 경사(rake)면 (2) 여유(relief)면 (3) 전단면

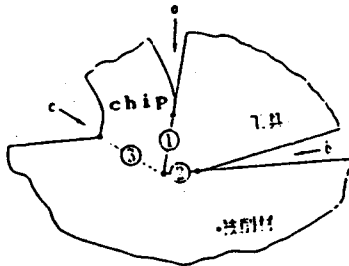


그림 5-1 절삭유가 작용하는 부분과 침입경로

(1) 경사면에서의 윤희작용

공구와 Chip의 마찰면에 절삭유가 존재하면 윤희작용이 일어남은 말할 필요가 없으나, 실제로는 경사면의 공구와 Chip의 접촉부분에 있어서의 응력이 아주 커지기 때문에 접촉면의 대부분은 거의 완전한 금속접촉이 일어나기 때문에 절삭유가 들어갈 곳이 없다.

그러나 그림 5-2에서 B-C 부분에는 응력이

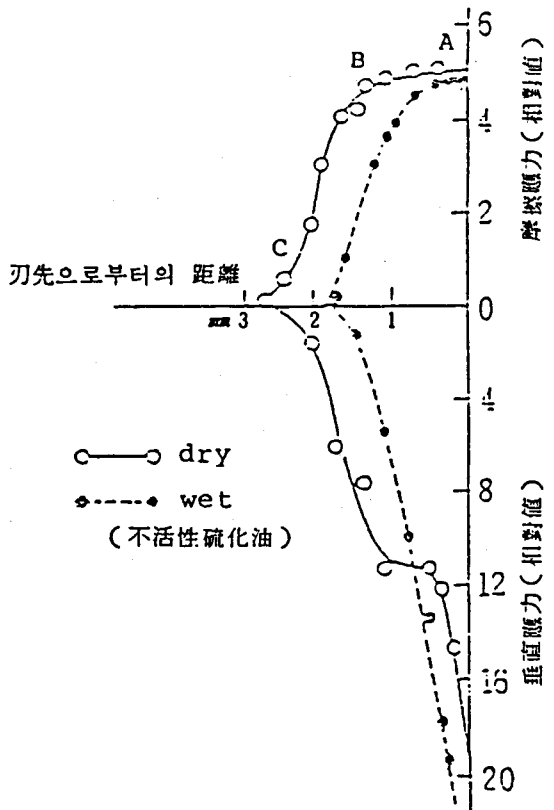


그림 5-2 공구경사면의 응력분포

점차 저하되기 때문에 절삭유의 침입의 여지가 있어 여기에서 절삭유의 효과가 기대될 수 있다. 다만 이 경우에도 대단히 압력이 높은 境界潤滑

상태가 된다. 따라서 극압유가 효과적이다. 실험에 의하면 절삭유가 적용되면 경사면의 응력분포는 실선에서 파선으로 변하게 된다. 결국 刃先의 응력은 변하지 않으나(그곳까지 절삭유가 도달하지 못함) 갈수록 응력은 감소되며 평균적으로 접촉면적 및 마찰응력이 감소되어 Chip 생성이 개선되어 마찰저항이 작아진다.

(2) 여유면에서의 윤활작용

여유면에서도 공구의 마모가 진행된 경우는 被削材의 마찰이 현저하다. 이 마찰면의 응력도 경사면과 같은 정도이며, 여기서도 금속접촉부분과 경계윤활부분이 존재한다.

(3) 전단면에서의 윤활작용

전단면은 소성유동을 하고 있는 금속의 내부이므로 종래에는 절삭유의 효과가 미치지 않는 부분이라고 했으나 REHBINDER에 의하면 올레인산 등의 유기산절삭유제는 소성변형중의 금속의 미세한 crack에 표면으로부터 파고 들어가 抗張力을 감소시킨다는 효과가 있다고 보고하고 있다(REHBINDER효과) 또 CCL은 SHAW 등에 의해 전단면에 발생한 미소 Crack에 침입흡착해서 그의 재접촉(rehealing)을 방지시켜 외견상의

윤활효과를 나타낸다고 보고하고 있다.

5.2 냉각작용

절삭유의 냉각성능은 비열, 기화잠열, 열전도율, 비점 등의 열적성질 뿐만 아니라, 침입성등 효과면에서 보면 복잡하다. 그러나 냉각작용 결과 刃先溫度의 저하는 공구수명을 연장하고 열팽창에 의한 가공물의 精度低下를 방지한다.

그런 의미로 볼 때에는 냉각능력이 좋은 수용성 절삭유가 좋다. 그러나 한편으로는 유해한 면도 많다. 예를 들면 刃先溫度低下의 결과 構成刃先 혹은 溶着에 의한 다듬질면의 정도를 저하시키거나, 超硬工具 등에서는 熱 Crack을 일으키기 쉽다. Ceramic에서도 마찬가지이다. 단, 저온 절삭과 같은 특수한 경우에는 dryice, 액체공기 등을 이용할 수도 있다.

6. 각종 수용성 절삭유제의 선정

절삭유의 선정에는 절삭작업의 종류가 많고 절삭조건, 작업상태가 복잡하기 때문에 어려움이 많다. 따라서 실제작업이나 실제작업의 가까운

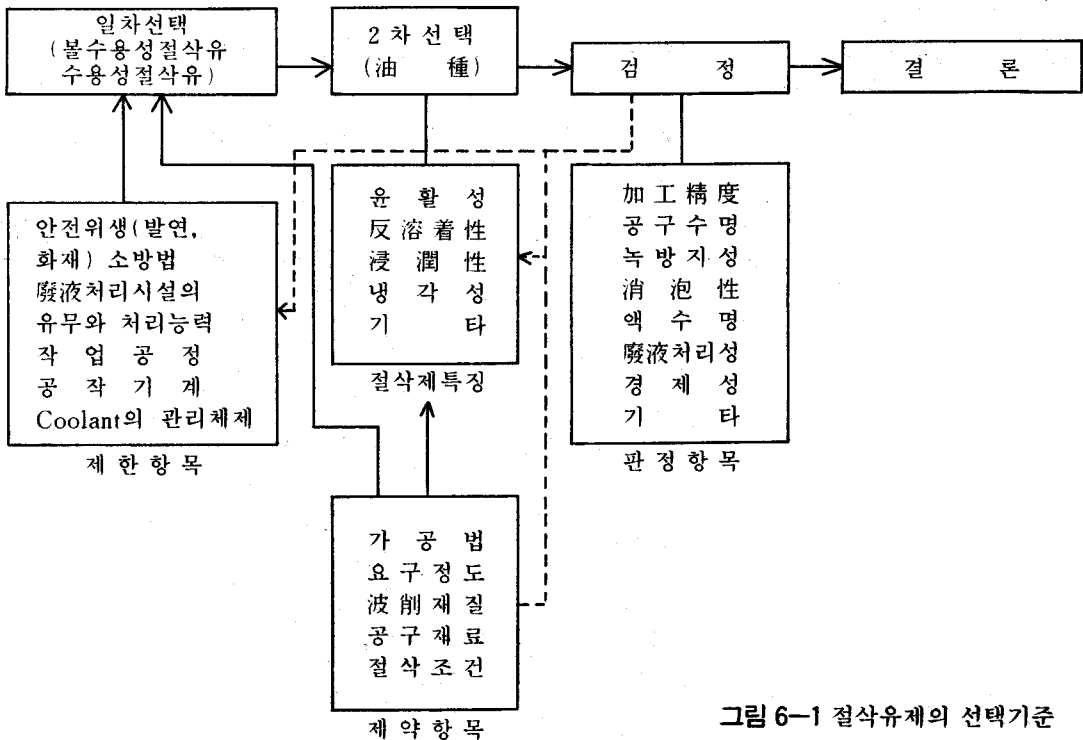


그림 6-1 절삭유제의 선정기준

표 6-1 절삭유의 적용표

種 類		項 目	(1) 材 質	(2) 作 業	(3) 轉 速 度	(4) 作 業 目 的	(5) 適 用 作 業			
不 水 溶 性 切 削 油 劑	1 種	1號	非 鐵 材	切 削	速 度 約 80 (m/min) 以 下	高 ↑ 中 低 ↓	공구수명	一般切削作業		
		2號	鋼 材					被削性良好한 鋼材의 高速切削 및 非鐵金屬의 一般切削		
		3號	非 鐵 材					一般切削作業		
	2 種	1 號	1號				一 般 鋼 材 (경우에 따라서는 합금불가)	高 ↑ 中 低 ↓	공구수명 사상정도 검용	被削性良好한 鋼材의 深穴 드릴作業 및 一般高速切削, 나사研削, 정밀한 끝마무리, 호-닝, 래핑 등
			2號				鋼 材			被削性中位の 鋼材의 一般中速切削
			3號				鋼 材			被削性中位の 鋼材의 低速仕上切削作業(齒切作業, 프로지 作業, 랩작업, 리-마作業) 등
			4號				鋼 材			被削性中位の 鋼材의 深穴 드릴作業, 호-닝 등
		2 號	5號				鋼 材		被削性中位の 鋼材의 一般中速切削作業	
			6號				鋼 材		被削性이 극히 나쁜 鋼材의 低速仕上切削作業(프로지 : 作業, 나사절삭作業, 랩작업, 리-마作業)	
			7號				鋼 材			
			8號				鋼 材			
	水 溶 性 切 削 油 劑	W 1 種	1號				鋼 材	切 削 研 削 研 削	低 速 으 로 부 터 高 速 까 지 의 範 圍 가 넓 다. 약 800 m/min 以 上	工 具 수 명 을 目 的 으 로 하 는 작 업
2號			非 鐵 材							
W 2 種		1號	鐵 材	一般鐵材의 研削						
		2號	非 鐵 材	一般大形外徑 材의 研削						
W 3 種		1號	鐵 材							
		2號	鐵 材							

표 6-2

Cutting fluid recommendations by macinability groups							
Mactinability ratings							
Severity	Operation	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5*	Class 6
1	Internal broaching	A	A	A or J	A or K	D	C
2	Externat broaching	A	A	A or J	A or K	D	C
2	Pipe threading	A or B	A or B	A or B	A or B	D or G	D or H
3	Plain tapping	A or B	A or B	A or B	A or B	H to K	H to K
3	Plain threading	B or C	B or C	B or C	B or C	D or G	D or H
4	Gear shaving cutting	B	B	B	A	G or H	J or K
4	Reaming	D	C	B	A	F	G
5	Deep drilling	E or D	E or C	E or B	E or A	E or D	E or D
6	Plain milling	E C or D	E C or D	E C or D	C or B	E H to K	E H to K
6	Multi-cutter milling	E C or D	E C or D	E C or D	C or B	E H to K	E H to K
7	Multiple-head boring	C	C	C	C	E	E
7	Multi-spindle auto	C or D	C or D	C or D	C or D	F	G
8	Hi-speed la-feed auto	C or D	C or D	C or D	C or D	F	G
9	Drilling	E or D	E or C	E or B	E or A	E or D	E or D
9	Planing shaping	E	E	E	E	E	E
9	Turning	E	E	E	E	E	E
10	Sawing circ or hack	E	E	E	E	E	-
10	Surface grinding	E	E	E	E	E	E
10	Thread grinding	A or B	A or B	A or B	A or B	-	E

Legend:

- A-High sulfur mineral-fatty oil
- B-Medium sulfur. Medium chlorine mineral-fatty oil
- C-Low sulfur. medium chlorine mineral-fatty oil
- D-Chlorinated mineral oil
- E-Water-miscible fluids(light to heavy duty as needed)
- F.G.H.J.K-Mineral-fatty oil(I has highest fatty oil content. K the lowest)
- Never use water-base fluids on magnesium

표 6-3 수용성 절삭유의 성질

	潤滑性	極壓性	浸潤性	表面張力	防錆性	老化性	防腐性	기포생성
Emulsion 形 一般用	○	○	△	中	△	△	×	○
Emulsion 形 特殊用	○	◎	△	中	△	△	×	○
Soluble 形 一般用	○	○	○	小	○	○	△	△
Soluble 形 特殊用	○	◎	○	小	○	○	△	△
Solution 形 一般用	×	×	○	大	◎	◎	◎	◎
Solution 形 特殊用	△	△	○	小	◎	◎	○	△

記號는 ◎ 優, ○ 良, △ 可, × 不可를 나타냄. ⊖

표 6-4 수용성 절삭유의 적용예

Emulsion 形	水溶性切削劑中에서는 潤滑性이 좋고 一般의으로 거칠며, 中切削 및 研削에 사용
Soluble 形	洗淨性우수, 一般精密研削, 切削에 사용
Solution 形	방청성이 극히 우수 鑄鋼, 鑄鐵, 티타늄 合金 등의 研削, 高速切削에 사용

(正野崎)

상태에서 시험을 행한 후에 사용하는 것이 좋다. 그림 6-1에 절삭유제의 선택기준을, 일반적인 작용예로 표 6-1, 6-2에 나타낸다.

그리고 6-3에는 절삭유의 물리적, 화학적 성질을 표시하고 표 6-4에는 보편적인 작용예를 나타낸다.

7. 수용성 절삭유의 공급방법 및 보수관리

7.1 절삭유의 공급방법

절삭유가 전단각을 크게 하고 절삭저항을 감소시켜 가공정도를 좋게하기 위해서는 절삭기구의 영향을 받는데 그 중에서 절삭유의 침입경로가 가장 큰 영향을 받는다.

그의 경로에 대해서는 여러가지 설이 있는데 그것은 다음과 같다.

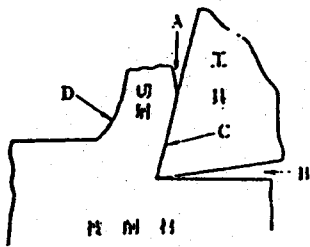


그림 7-1 절삭유의 주입 방향

예를 들면 BISSHOPP, LYPE 및 ROYNOR, 曾田 등은 그림 7-1에서 A방향으로부터는 유체 운환이 성립될 수 없고, Chip의 유출방향과 역방향이라고 보고있다. (그러나 실제 작업현장에서는 일반적으로 A방향으로부터의 주입이 많다.) SHAW와 SMITH는 A방향보다는 D방향의 침입이 쉽고 B방향이 침입량이 가장 많아서 공구마모면에서 볼 때 가장 효과적이라고 밝히고 있다.

LOUTERBACH와 RATZEL은 B방향으로의 주입이 A방향으로의 주입에 비해 공구수명의 약 2배의 효과를 가져오며 더욱 공구의 여유면에 흠을 파서 절삭유를 침입시키는 경우에는 보다 효과적이라고 실험결과를 나타내고 있다. 어쨌든 공구는 절삭중 刃先이 항상 미진동을 일으키고, Chip이 경사면을 고속으로 지나가기 때문에 공구경사면과 Chip과의 간격에 저압부분이 존재하

여 B방향 또는 C방향, D방향으로부터 절삭유가 흡입됨을 알 수 있다.

즉 절삭유가 刃先局部에 얼마나 침입하기 쉬운 절삭형태인가가 절삭유의 浸潤性이므로 이것이 절삭유의 효과를 나타내는 선결문제인 것이다.

급유법으로는 일반급유방법이 사용되나 고속 절삭이 되면 절삭유제는 냉각작용을 중요시 해야 하기 때문에 mist 급유법이 사용된다.

이것은 압력공기(20-80 P.S.I) 중에 절삭유를 Venturi식으로 흡상시켜 霧狀으로 가공부분에 공급하는 방식인데 SHAW는 400ft/min의 절삭속도에서 mist 급유법이 일반급유법에 비해 약 50%의 공구수명을 연장한다고 밝히고 있다. 또 이 급유법은 일반 급유법에 비해 급유량이 아주 적어 18cc/min 정도의 소량으로도 효과가 있어 사용면에서도 유리하다.

한편으로는 jet급유법도 일부 사용된다. PIG-OTT는 공구수명을 개선하는 jet압은 28kg/cm 정도로 실험에서 밝히고 있다.

다음 그림은 倉田의 선삭 실험 결과이다.

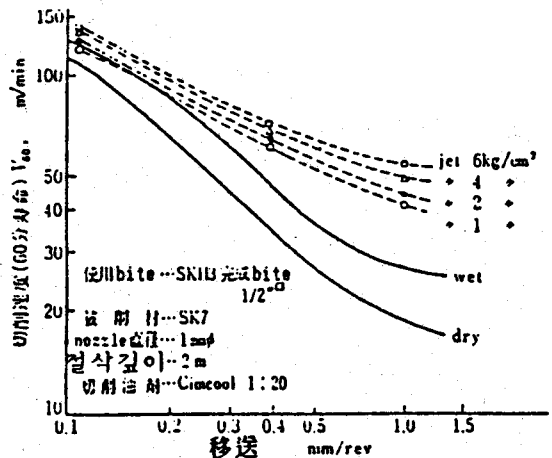


그림 7-2 제트압력과 V_c 의 관계

7.2 절삭유의 보수관리

수용성 절삭유는 그 base가 물이기 때문에 물 수용성 절삭유에 비해 농도의 변화가 크고 녹, 發泡 등의 문제를 발생하기 쉽다. 따라서 사용액을 장기간 항시 양호한 상태로 유지하기 위해서는 철저한 관리가 필요하다.

수용성 절삭유의 관리에 있어서 특히 주의할

사항은 다음과 같다.

- ① 농도관리(농도변화의 대책)
- ② 부패관리(부패방지 대책)
- ③ 청정유지(이물질의 혼입방지) 등이다.

(1) 농도관리

농도의 변화에 따른 성능의 변화는 표 7-1과 같다.

표 7-1 농도변화에 따른 제피해

低 濃 度 化	高 濃 度 化
<ul style="list-style-type: none"> · 녹방지성 저하 · 내부부성 저하 · 침투성 저하 · 1차성능성 문제 · 공구수명저하 · 치수정도불량 	<ul style="list-style-type: none"> · 消泡性 저하 · 抵亂化性 저하 · 비철금속에 대한 영향 大 · 피부에 대한 영향 大

사용액의 농도를 적정인 유지하기 위해서는 정확한 농도의 파악이며, 적정한 농도를 유지하기 위해서는

- ① tank의 양과 1일의 소모량, 보급량을 정확히 파악할 것
- ② 희석 tank, 자동희석 장치의 도입
- ③ 급유책임자를 선정, 보급의 표준화를 도모할 것
- ④ 정기적인 농도 측정으로 농도를 유지하고 성상을 기록할 것(관리표시리표의 작성) 등의 관리체제에 의한 대책이 필요하다.

(2) 부패관리

수용성 절삭유의 관리중에서 가장 문제가 되는 것이 부패이다. 다음은 절삭유를 교환할 때의 판정기준이다. 이 중에서 가장 많은 이유가 부패이다.

- ① 공구수명, 가공정도의 저하 7%
- ② 사용액의 색상의 변화 18%
- ③ 부패진행으로 악취발생 30%
- ④ 녹방지성의 저하 10%
- ⑤ 탱크내의 chip제거 10%
- ⑥ 절삭유 메이커의 판정 2%
- ⑦ 정기적인 교환 20%
- ⑧ 기 타 2%

부패의 원인이 되는 미생물(박테리아, 곰팡이)

은 주위환경 등에 무수히 존재하며 殘存使用液을 위시해서 희석물중 작업자의 의복, 가공물, 기계주의, 배관, 탱크내 공기중으로부터 떨어지는 등 많은 경로로부터 혼입된다.

이 미생물은 온도, 수질 pH, 농도의 저하, Sludge 등의 혼입에의해 부패를 촉진시킨다. 부패를 방지하기 위해서는

① 사용액의 부패상태의 파악(정기적인 pH, 균수의 측정)과 조기대책(pH항상제, 방부제 첨가)을 수립.

② 부패하기 쉬운 환경의 정비(他油, Sludge 혼입방지, 희석수 선정 등)

③ 적정농도의 유지

④ 교환시에 tank, 배관의 세정 및 살균처리 등을 할 필요가 있다.

(3) 청정유지

수용성 절삭유의 이물질의 혼입은 부패, 열화를 촉진시키는 원인이 된다. 혼입하기 쉬운 이물질로써는 他油, Chip, 研削粉, 세정제 등이며 이중 chip의 혼입방지는 어렵기 때문에 조기제거가 필요하다. 제거방법은 가공법 또는 tank용량에 따라 차이가 있으나 일반적으로 magnetic 분리방식, 가압여과방식, 중력침강방식, 원심분리방식 등이 이용된다. 표 7-2에 각종 분리장치의 성능비교를 나타낸다. 이들의 방법에는 각각 일장일단이 있으므로 2,3종류의 방법을 병행하는 예도 많다.

(4) 기타 관리상의 주의

수용성 절삭유의 관리상 중요한 것으로 稀釋水의 수질을 빼놓을 수 없다. 수분이 사용액의 90% 이상을 차지하기 때문에 수용성 절삭유의 성능은 수질에 큰 영향을 받는다. 표 7-3에 희석수로써 좋은 수질의 기준치와 수질저하에 따라 피해를 표시한다.

또 희석수에 지하수나 배수처리수를 이용한 경우에는 수질이 經時에 따라 변화할 경우가 있으므로 정기적인 수질검사가 필요하다.

한편 절삭유에 의한 피부장애는 주로 불수용성 절삭유의 광유에 의한 油疹과 수용성 절삭유의 알카리 및 계면활성제에 의한 脫脂作用 등에 주의할 필요가 있다.

표 7-2 각종 분리장치의 비교

方法	項目	加工法		性能		
		切削	研削	清淨度	能率	Maintenance
여과매체를 사용하지 않는 방법	重力沈降	◎	○	△	△	△
	淨上分離		○	△	○	○
	Cyclon		○	○	◎	○
	遠心分離	○		◎	○	◎
	Magnet分離	◎	◎	○	○	◎
여과매체를 사용하는 방법	重力여과	◎	○	◎	○	○
	眞空여과	○	○	◎	◎	○
	壓力여과	○	◎	◎	◎	○
	Filter		○	◎	◎	△
	Strainer	○		○	◎	◎

表示方法(加工法)

- 印은 使用하고 있는 方法
- ◎印은 특히 많이 사용하고 있는 방법
- 〈性能〉
- ◎ : 優 ○ : 良 △ : 可

표 7-3 희석수로서 좋은 수질

項目	基準值	피 해
외 관	무색투명	사용액의 착색
pH	6.5-7.5	사용액의 pH영향
全 硬 度	30-70ppm	(高) 액의 분리, Scum발생 (低) 消泡性不良
염소이온	10ppm이하	녹방지성 저하
유산이온	10ppm이하	녹방지성 저하
인 이온	없 음	사용액 부패
철 이온	없 음	사용액 착색

이상의 항목 이외에도 교환시의 희석방법, 첨가제의 투입시기, 투입량에 있어서도 상태에 따라 적절히 조치해야 하며 절삭액의 장기사용을 도모할 필요가 있다.

8. 수용성 절삭유제의 今後의 동향

1976년경 HWBF(High Water Rase Fluid)의 생산을 시발로 2차오일 쇼크 이후에 수용성 절삭유제의 생산이 급격히 증가했으며 또한 앞으로 3차의 오일쇼크에 대비한 생산량의 증가를 예상해 보며 금후에도 경제성, 안정성 면을 고려할 때 증산을 추산해 볼 수 있다.

또한 기술적인 면에서 볼 때 水溶性化를 가속시킨 배경으로는 고능률 가공에 따라 불수용성 유제의 발연, 인화 등의 문제를 해결하기 위해서, 또 로봇이나 NC기계에 의한 공장의 無人化에 따른 화재의 위험을 방지하기 위하여 수용성 유제가 사용되는 예가 많다.

이들의 주요한 사항으로써는 (1) 실링, 전기계통 급유장치 등에 의한 동작기계의 개선 (2) 코팅 기술, 초경화, CBN, 다이아몬드, 분말하이스 등에 의한 공구 및 공구재료의 진보 (3) 기계보수, 유제관리 등에 의한 관리 기술의 향상 등을 들 수 있다. 따라서 今後의 수용성 절삭유제의 개발과 사용의 방향으로는 (1) 수용성화의 확대 (2) 신소재에 대한 수용성 절삭유제의 적용 (3) 윤활유, 작동유와 절삭유제의 겸용을 들 수 있다.

에너지는 국력이다 절약하여 애국하자